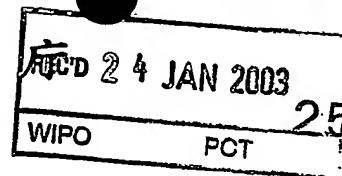


日本国特許  
JAPAN PATENT OFFICE



25.12.02

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

23 JUL 2004

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office

出願年月日

Date of Application:

2002年 1月24日

出願番号

Application Number:

特願2002-015920

[ST.10/C]:

[JP2002-015920]

出願人

Applicant(s):

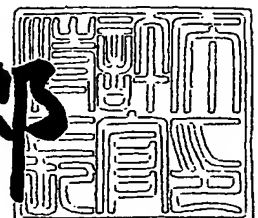
株式会社ニコン

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2002年10月 8日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2002-3077982

BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願

【整理番号】 01-01119

【提出日】 平成14年 1月24日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01J 3/02

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン  
内

【氏名】 勝沼 淳

【特許出願人】

【識別番号】 000004112

【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】

【識別番号】 100072718

【弁理士】

【氏名又は名称】 古谷 史旺

【電話番号】 3343-2901

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013354

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9702957

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 分光器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被測定光を取り込む入射部材と、  
前記入射部材からの前記被測定光を波長に応じて分散させる波長分散素子と、  
前記波長分散素子による分散後の前記被測定光を集光してスペクトル像を形成する集光光学系と、  
前記スペクトル像を検出する検出素子と、  
前記入射部材と前記集光光学系と前記検出素子とを一体に支持する第 1 支持部材と、  
線膨張係数が前記第 1 支持部材とは異なる材料によって構成され、前記波長分散素子を支持する第 2 支持部材と、  
環境温度が変化したときに、前記第 1 支持部材の伸縮量を前記第 2 支持部材に伝達する伝達部材とを備え、  
前記第 2 支持部材は、環境温度が変化したときに、前記伝達部材から伝達される前記第 1 支持部材の伸縮量と当該第 2 支持部材の伸縮量との相異に応じて弾性変形する変形部材を含むと共に、該変形部材の弾性変形に応じて微小回転する回転部材を含み、  
前記波長分散素子は、その波長分散方向が前記回転部材の軸方向に対して直交する向きで、前記回転部材に取り付けられる  
ことを特徴とする分光器。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の分光器において、  
環境温度が変化したときの前記回転部材の回転角度および回転方向は、前記スペクトル像の波長分散方向のドリフトを相殺するように予め設定されている  
ことを特徴とする分光器。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 に記載の分光器において、  
前記第 2 支持部材は、2 つのアーム部材が薄肉状の前記変形部材を介して連結され、前記 2 つのアーム部材のうち一方が前記回転部材を構成している V 字形部材であり、

前記伝達部材は、前記V字形部材の両端部と前記第1支持部材とを各々連結すると共に、前記2つのアーム部材のなす角度を前記第1支持部材の伸縮に応じて変化させる部材である

ことを特徴とする分光器。

【請求項4】 請求項3に記載の分光器において、

環境温度が1℃変化したときの前記スペクトル像の波長分散方向のドリフトを相殺可能な前記回転部材の回転角度を $\Delta a$ とするとき、

前記第1支持部材の線膨張係数 $\rho b$ と、前記第2支持部材の線膨張係数 $\rho m$ と、前記2つのアーム部材のうち一方の長さ $y$ および他方の長さ $z$ と、前記2つのアーム部材のなす角度 $a$ とは、以下の関係式を満足することを特徴とする分光器

$$y/z = \{A \pm \sqrt{A^2 - 4}\} / 2$$

$$A = 2 \cos a + \sin a \cdot \Delta a / (\rho b - \rho m)$$

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、グレーティングやプリズムなどの波長分散素子を用いた分光器に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、波長分散素子を用いた分光器は、物理分析や化学分析などの様々な分野において広く使用されている。ただし、分光器の測定波長精度は環境温度の変化による影響を受けて不安定になりやすいため、分光器を使用する際の環境温度は原則として一定に保たれる。環境温度が一定に保たれていれば、分光器に入射した光のスペクトル像が波長分散方向にドリフトする事態をほぼ回避することができ、分光器の測定波長精度が安定化する。

【0003】

しかし、分光器の使用環境によっては温度を一定に保つことが難しい場合もある。このため、近年では、環境温度が変化してもスペクトル像が波長分散方向に

ドリフトしないように分光器を構成することが望まれている。このような温度補償機構付き分光器として既に提案されているものは、波長分散素子として凹面反射型のグレーティングを用い、スペクトル像を検出するディテクタとしてダイオードアレイを用いた分光器がほとんどである。

【0004】

そして、例えば特開平8-254463号公報や特開平9-218091号公報には、ダイオードアレイの熱膨張係数と適合するようにグレーティングホルダとケーシングの熱膨張係数を選択し、グレーティングホルダの形状をケーシングと適合させることで、環境温度の変化によるスペクトル像のドリフトを軽減することが提案されている。

【0005】

また、特開2000-298066号公報には、グレーティングやダイオードアレイの保持の仕方を工夫し、グレーティング保持部材とダイオードアレイ保持部材とキャリアとの位置決め構造を最適化することで、環境温度の変化によるスペクトル像のドリフトを軽減することが提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記した従来の温度補償機構付き分光器において提案された温度補償技術は、飽くまでも、波長分散素子として凹面反射型のグレーティングを用い、ディテクタとしてダイオードアレイを用いた分光器に固有の技術である。このため、その他の様々な形態の分光器に上記の温度補償技術を適用することは困難であり、無理に適用しようとする構成が複雑になってしまう。

【0007】

本発明の目的は、環境温度の変化によるスペクトル像の波長分散方向のドリフトを分光器の形態に関わらず確実に軽減できる温度補償機構が組み込まれた簡素な分光器を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の分光器は、被測定光を取り込む入射部材と、前記入射部材か

らの前記被測定光を波長に応じて分散させる波長分散素子と、前記波長分散素子による分散後の前記被測定光を集光してスペクトル像を形成する集光光学系と、前記スペクトル像を検出する検出素子と、前記入射部材と前記集光光学系と前記検出素子とを一体に支持する第 1 支持部材と、線膨張係数が前記第 1 支持部材とは異なる材料によって構成され、前記波長分散素子を支持する第 2 支持部材と、環境温度が変化したときに、前記第 1 支持部材の伸縮量を前記第 2 支持部材に伝達する伝達部材とを備えたものであり、さらに、前記第 2 支持部材は、環境温度が変化したときに、前記伝達部材から伝達される前記第 1 支持部材の伸縮量と当該第 2 支持部材の伸縮量との相異に応じて弾性変形する変形部材を含むと共に、該変形部材の弾性変形に応じて微小回転する回転部材を含み、前記波長分散素子は、その波長分散方向が前記回転部材の軸方向に対して直交する向きで、前記回転部材に取り付けられている。

## 【 0 0 0 9 】

請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の分光器において、環境温度が変化したときの前記回転部材の回転角度および回転方向が、前記スペクトル像の波長分散方向のドリフトを相殺するように予め設定されたものである。

請求項 3 に記載の発明は、請求項 1 または請求項 2 に記載の分光器において、前記第 2 支持部材は、2 つのアーム部材が薄肉状の前記変形部材を介して連結され、前記 2 つのアーム部材のうち一方が前記回転部材を構成している V 字形部材であり、前記伝達部材は、前記 V 字形部材の両端部と前記第 1 支持部材とを各々連結すると共に、前記 2 つのアーム部材のなす角度を前記第 1 支持部材の伸縮に応じて変化させる部材である。

## 【 0 0 1 0 】

請求項 4 に記載の発明は、請求項 3 に記載の分光器において、環境温度が  $1^{\circ}\text{C}$  変化したときの前記スペクトル像の波長分散方向のドリフトを相殺可能な前記回転部材の回転角度を  $\Delta a$  とするとき、前記第 1 支持部材の線膨張係数  $\rho_b$  と、前記第 2 支持部材の線膨張係数  $\rho_m$  と、前記 2 つのアーム部材のうち一方の長さ  $y$  および他方の長さ  $z$  と、前記 2 つのアーム部材のなす角度  $a$  とは、以下の関係式を満足するものである。

【0011】

$$y/z = \{A \pm \sqrt{A^2 - 4}\} / 2$$

$$A = 2 \cos a + \sin a \cdot \Delta a / (\rho b - \rho m)$$

【0012】

## 【発明の実施の形態】

以下、図面を用いて本発明の実施形態を詳細に説明する。

【0013】

本発明の実施形態は、請求項1～請求項4に対応する。

本実施形態の分光器10は、図1に示すように、オプティカルファイバ11と、ミラー12と、リトロレンズ13と、グレーティング14と、1次元ラインセンサ15と、グレーティングマウント16と、ベース部材17とで構成されている。なお、オプティカルファイバ11の前段には不図示の光源が配置されている。

【0014】

また、分光器10を構成する光学素子(11～15)のうち、オプティカルファイバ11,ミラー12,リトロレンズ13,1次元ラインセンサ15は、ベース部材17の上に設置され、グレーティング14は、グレーティングマウント16の上に設置され、このグレーティングマウント16は、ベース部材17の上に設置されている。

【0015】

本実施形態の分光器10は、環境温度が-20℃から+60℃までの範囲において使用可能な温度補償機能付き分光器である。

先ず初めに、光学素子(11～15)の構成や機能の説明を行い、その後で、グレーティングマウント16とベース部材17について具体的に説明する。

オプティカルファイバ11は、光源(不図示)からの被測定光を分光器10の内部に取り込むための部材(例えばシングルモードファイバ)であり、その光射出部の直径は例えば10μmである。オプティカルファイバ11は、請求項の「入射部材」に対応する。

【0016】

ミラー12は、オプティカルファイバ11からの被測定光を反射してリトロレンズ13に導くための光学素子である。

リトロレンズ13は、ミラー12からの被測定光L1をコリメートする機能と、グレーティング14からの回折光L3(後述する)を集光してスペクトル像を形成する機能とを兼ね備えたレンズである(焦点距離は例えば50mm)。リトロレンズ13によってコリメートされた被測定光L2は、グレーティング14に導かれ、リトロレンズ13によって集光された被測定光L4は、1次元ラインセンサ15に導かれる。リトロレンズ13は、請求項の「集光光学系」に対応する。

【0017】

グレーティング14は、細長い多数の溝が1次元配列された反射型平面回折格子である。多数の溝の配列方向は、グレーティング14の波長分散方向に相当する。グレーティング14は、オプティカルファイバ11からミラー12とリトロレンズ13を介して導かれた被測定光L2を波長に応じて分散させる。グレーティング14による分散後の被測定光が上記の回折光L3に対応する。グレーティング14は、請求項の「波長分散素子」に対応する。

【0018】

また、本実施形態において、リトロレンズ13とグレーティング14とは、両側テレセントリック光学系を構成している。すなわち、グレーティング14を開口絞りと見なして、リトロレンズ13の焦点位置に配置している。

1次元ラインセンサ15は、多数の受光部が1次元配列された受光面を有し、この受光面がリトロレンズ13の焦点位置(スペクトル像が形成される位置)と一致するように配置されている。1次元ラインセンサ15は、リトロレンズ13によって形成されたスペクトル像を検出する検出素子である。なお、多数の受光部の配列方向は、グレーティング14の波長分散方向に相当する。

【0019】

また、各々の受光部の波長分散方向の幅は、スペクトル像の検出に必要な波長分解能に応じて設定されている(例えば25 $\mu$ m)。1次元ラインセンサ15の受光面に配列された受光部の数は、スペクトル像の検出に必要な波長範囲に応じ



て、この波長範囲を余すところなく検出できるように設定される。

上記した光学素子(11～15)において、オプティカルファイバ11から分光器10の内部に入射した被測定光は、リトロレンズ13でコリメートされ、グレーティング14で回折され、再びリトロレンズ13に戻って集光される。その結果、1次元アレイセンサ15の受光面上にはスペクトル像が形成され、受光面に配列された各々の受光部によってスペクトル像が検出される。

#### 【0020】

ここで、分光器10に入射する被測定光が単色光(任意の単一波長の光)である場合、スペクトル像は、オプティカルファイバ11の光射出部とほぼ相似なスポット状になる。また、被測定光が波長の異なる多種類の光を含む場合、スペクトル像は、波長分散方向に沿って広がった形状となる。波長分散方向に沿ってスポット状のスペクトル像が離散的に多数配列された状態となることもある。

#### 【0021】

ところで、1次元アレイセンサ15の受光面上においてスペクトル像が波長分散方向にドリフトすると、分光器10の測定精度が低下してしまう。このようなスペクトル像の波長分散方向のドリフトは、環境温度が変化したときに生じやすく、次の(1)～(5)が主な要因として考えられる。

(1)は、リトロレンズ13の焦点距離の変動である。(2)は、空気の屈折率の変動である。(3)は、グレーティング14の伸縮による格子定数の変動である。(4)は、ベース部材17の伸縮によるオプティカルファイバ11の波長分散方向への移動である。(5)は、グレーティング14の刻線方向を中心とした回転である。

#### 【0022】

ただし、上記した要因(1)～(5)のうち、(1)リトロレンズ13の焦点距離の変動は、光学設計により実用上問題とならない程度に小さく抑えることができる。また、(2)空気の屈折率の変動は、環境温度の変化幅が100℃程度であれば問題とならない。すなわち、環境温度が100℃程度変化しても、空気中の光の波長変化は無視できる程度にしかない。

#### 【0023】

すなわち、本実施形態の分光器 10 において実際に考慮すべきスペクトル像のドリフトの要因は、(3)グレーティング 14 の格子定数の変動と、(4)オプティカルファイバ 11 の波長分散方向への移動と、(5)グレーティング 14 の刻線方向を中心とした回転との 3 つである。

#### 【0024】

本実施形態の分光器 10 の場合、環境温度が最低温度( $-20^{\circ}\text{C}$ )から最高温度( $+60^{\circ}\text{C}$ )まで  $80^{\circ}\text{C}$  上昇したときに、スペクトル像が上記した要因(3)(4)によって  $20\mu\text{m}$  だけ短波長側にドリフトするよう設計されているとする。短波長側とは図 1 に矢印 B で示す方向である。

また、環境温度の変化によるスペクトル像のドリフトは、温度変化にほぼ比例している。このため、スペクトル像の温度変化  $1^{\circ}\text{C}$  あたりのドリフト量  $\Delta s$  は、 $20\mu\text{m}/80^{\circ}\text{C}=0.25\mu\text{m}/^{\circ}\text{C}$  となる。このドリフト量  $\Delta s$  は、1次元アレイセンサ 15 の 1 つの受光部の波長分散方向の幅 ( $25\mu\text{m}$ ) に対して無視できない量である。

#### 【0025】

なお、分光器 10 に入射する被測定光が波長の異なる種類の光を含む場合のスペクトル像は、既に述べたように、波長分散方向に沿って広がった形状となったり、スポット像が離散的に多数配列された状態となったりする。厳密に言えば、各々の波長ごとにドリフト量は少し異なるが、その相違は無視できる程度である。

このため、本実施形態では、分光器 10 に入射する被測定光のうち、着目する波長の光 (例えば中心波長の光) と、この着目する波長前後近傍の波長の光とは、環境温度の変化によってほぼ同じ挙動を示す、つまり、同じ量  $\Delta s$  だけドリフトする ( $0.25\mu\text{m}/^{\circ}\text{C}$ ) と見なすことにする。

#### 【0026】

さて、上記の要因(3)(4)により、環境温度の上昇に伴ってスペクトル像が短波長側(矢印 B の方向)に  $0.25\mu\text{m}/^{\circ}\text{C}$  だけドリフトすることは、既に説明した通りである。また、スペクトル像のドリフトの要因には、あと、(5)グレーティング 14 の刻線方向を中心とした回転が残されていることも、既に説明した通り

である。

【0027】

本実施形態の分光器10は、上記の要因(3)(4)によるスペクトル像のドリフト $\Delta s$  (短波長側に $0.25 \mu\text{m}/^\circ\text{C}$ )を相殺するように、グレーティング14を回転させるものである。グレーティング14を回転させる機構(グレーティングマウント16, ベース部材17)についての詳細な説明は後述する。

【0028】

グレーティング14が刻線方向(図1の紙面に垂直な方向)を中心として回転すると、グレーティング14から射出される回折光L3は偏向され、その結果、1次元アレイセンサ15の受光面上においてスペクトル像が波長分散方向にドリフトする。

このとき、グレーティング14に入射する被測定光L2の入射角度 $\alpha$ が小さくなる方向(図1に矢印Cで示す方向)にグレーティング14を回転させると、この回転によってスペクトル像は長波長側(矢印Bとは反対の方向)にドリフトすることになる。これは、上記の要因(3)(4)によるドリフト $\Delta s$ を相殺する方向へのドリフトである。上記の入射角度 $\alpha$ は、グレーティング14の法線14aを起点とする角度である。

【0029】

また、上記の要因(3)(4)によるドリフト $\Delta s$  ( $=0.25 \mu\text{m}/^\circ\text{C}$ )を相殺可能なグレーティング14の回転角度 $\Delta a$ は、リトロレンズ13の焦点距離 $f$ と、グレーティング14に入射する被測定光L2の入射角度 $\alpha$ と、グレーティング14から射出される回折光L3の回折角度 $\beta$ とを用いて、次の式(1)で表すことができる。回折角度 $\beta$ も法線14aを起点とする角度である。

【0030】

$$\Delta a = \Delta s / f / (1 + \cos \alpha / \cos \beta) \quad \cdots (1)$$

なお、上記式(1)が成立するのは、空気中の光の波長変動を無視できることが前提となっている。グレーティング14の回転角度 $\Delta a$ は、温度変化 $1^\circ\text{C}$ あたりの必要な回転角度である。

上記式(1)に基づいて具体的なグレーティング14の回転角度 $\Delta a$ を計算する

と、 $\Delta a = 2.76 \times 10^{-6} \text{radian}$  となる。この計算に当たっては、 $\Delta s = 0.25 \mu\text{m}/^\circ\text{C}$ ,  $f = 50 \text{mm}$ ,  $\alpha = 70^\circ$ ,  $\beta = 65^\circ$  を用いた。 $\alpha, \beta$  の値は、着目する波長の光（例えば中心波長の光）に関する角度である。

#### 【0031】

このように、環境温度が変化したときに、グレーティング14を入射角度 $\alpha$ が小さくなる方向（矢印Cの方向）に上記した回転角度 $\Delta a$ だけ回転させれば、上記の要因(3)(4)によるスペクトル像のドリフト $\Delta s$ （短波長側に $0.25 \mu\text{m}/^\circ\text{C}$ ）を相殺することができる。

次に、グレーティング14を回転させる機構（グレーティングマウント16、ベース部材17）について、詳細に説明する。この機構の特徴は、ベース部材17とグレーティングマウント16の線膨張係数の違いを利用した点にある。

#### 【0032】

ベース部材17は、オプティカルファイバ11, ミラー12, リトロレンズ13, 1次元ラインセンサ15を一体に支持している。このベース部材17は、請求項の「第1支持部材」に対応する。本実施形態のベース部材17は、線膨張係数 $\rho_b (= 24.3 \times 10^{-6} \text{degree}^{-1})$ のアルミニウム合金によって構成されている。

環境温度が変化したとき、ベース部材17は、自身の線膨張係数 $\rho_b$ に応じて伸縮する。なお、ベース部材17の上に設置されたオプティカルファイバ11, ミラー12, リトロレンズ13, 1次元ラインセンサ15の相対位置関係は、等方的に変化する。

#### 【0033】

グレーティングマウント16は、図2(a), (b)に示すように、グレーティング14を支持するV字形部材21と、このV字形部材21の両端部22, 23をベース部材17に各々連結する連結部材24, 25とで構成されている。図2(a)は上面図、図2(b)は側面図である。図2(b)において、V字形部材21に対応する部分には、点ハッチングを付した。

#### 【0034】

本実施形態のグレーティングマウント16は、線膨張係数 $\rho_m (= 23.6 \times 1$

$10^{-6} \text{degree}^{-1}$ ) のアルミニウム合金によって構成されている。グレーティングマウント 16 の V 字形部材 21 は請求項の「第 2 支持部材」に対応する。連結部材 24, 25 は「伝達部材」に対応する。

環境温度が変化したとき、グレーティングマウント 16 は、自身の線膨張係数  $\rho_m$  に応じて伸縮する。なお、グレーティングマウント 16 の線膨張係数  $\rho_m$  がベース部材 17 の線膨張係数  $\rho_b$  とは異なるため、環境温度が変化したときの伸縮量は、グレーティングマウント 16 とベース部材 17 とで異なることになる。

#### 【0035】

ここで、V 字形部材 21 をさらに詳しく説明する。

V 字形部材 21 は、2 つのアーム部材 26, 27 が、弾性変形可能な薄肉状の変形部材 28 を介して連結された構成となっている。また、V 字形部材 21 は、上記の通り、その両端部 22, 23 が連結部材 24, 25 を介してベース部材 17 に各々連結されている。さらに、V 字形部材 21 の両端部 22, 23 は、上記した変形部材 28 と同様、弾性変形可能な薄肉状の変形部材である。

#### 【0036】

このため、環境温度が変化したときにベース部材 17 が線膨張係数  $\rho_b$  に応じて伸縮すると、ベース部材 17 の伸縮量は、連結部材 24, 25 から V 字形部材 21 に伝達される。つまり、ベース部材 17 が伸縮した分だけ連結部材 24, 25 の距離が変化し、V 字形部材 21 の両端部 22, 23 の距離も変化することになる。

また、V 字形部材 21 の両端部 22, 23 と変形部材 28 とは、自身の伸縮量とベース部材 17 の伸縮量との相異に応じて弾性変形する。この弾性変形は、全て、折れ曲がり角度の変化によって吸収される。そして、V 字形部材 21 のアーム部材 26, 27 は、自身の線膨張係数  $\rho_m$  に応じて伸縮する。

#### 【0037】

ここで、V 字形部材 21 の一端部 22 の中心を「I」、他端部 23 の中心を「K」、変形部材 28 の中心を「J」とし、3 つの中心 I, J, K を結んで得られる三角形 IJK (図 3) に注目して、環境温度の変化による V 字形部材 21 の変形、つまり三角形 IJK の変形について考える。

環境温度が変化すると、三角形 I J K の辺 I K の長さ（両端部 22, 23 の距離）は、ベース部材 17 の伸縮量に応じて変化する。これに対し、残りの 2 辺の長さ、つまり、辺 I J の長さ（アーム部材 27 の長さ）と、辺 J K の長さ（アーム部材 26 の長さ）とは、自身の V 字形部材 21 の伸縮量に応じて変化する。

## 【0038】

したがって、環境温度が変化した後の三角形 I' J' K' は、元々の三角形 I J K とは相似形にならない。また、三角形 I' J' K' の頂角  $a'$  ( $=\angle I' J' K'$ ) は、三角形 I J K の頂角  $a$  ( $=\angle I J K$ ) とは異なることになる。なお、頂角  $a'$  または頂角  $a$  は、変形部材 28 の折れ曲がり角度を表す。変形部材 28 の折れ曲がり角度の変化（頂角  $a \rightarrow a'$ ）は、弾性変形である。

## 【0039】

さらに、変形部材 28 の弾性変形に応じて三角形 I J K の頂角  $a$  が変化すると、この頂角  $a$  を挟む 2 つの辺 J K, J I（アーム部材 26, 27）は、なす角度が変化し、結果として微小回転することになる。この微小回転の軸方向は、三角形 I J K による平面（紙面に平行な平面）に対して直交する。

また、環境温度が上昇したときに三角形 I J K の辺 J K（アーム部材 26）が微小回転する方向（回転方向）は、自身の線膨張係数  $\rho_m$  がベース部材 17 の線膨張係数  $\rho_b$  より小さいことを考慮すると、三角形 I J K の頂角  $a$  は環境温度の上昇によって大きくなるため、図 1 に示す矢印 C の方向（入射角度  $\alpha$  が小さくなる方向）と一致することが分かる。

## 【0040】

このため、グレーティング 14 は、V 字形部材 21 の一方のアーム部材 26 の上に、波長分散方向がアーム部材 26 の軸方向（紙面に垂直な方向）に対して直交する向きで取り付けられる。これにより、グレーティング 14 の刻線方向は、アーム部材 26 の軸方向に対して平行となる。

なお、アーム部材 26 とグレーティング 14 とは、それぞれの線膨張係数の差によってたわみが生じないように、例えば弾力性のある接着剤を使用するなどの方式で接合される。V 字形部材 21 のアーム部材 26 は、請求項の「回転部材」に対応する。

## 【0041】

このようにしてアーム部材26の上に取り付けられたグレーティング14は、常に、アーム部材26と共に、グレーティング14の刻線方向を中心に微小回転することになる。そして、環境温度が上昇したときには、図1に示す入射角度 $\alpha$ が小さくなる方向（矢印Cの方向）に微小回転する。

ここで、前述した要因(3)(4)によるスペクトル像のドリフト $\Delta s (=0.25 \mu\text{m}/^\circ\text{C})$ を相殺可能なグレーティング14の回転角度 $\Delta a$ 、つまり、環境温度が $1^\circ\text{C}$ 変化したときに必要な回転角度 $\Delta a$ は、上記式(1)の通りであり、具体的には  $\Delta a = 2.76 \times 10^{-6} \text{radian}$  である。

## 【0042】

したがって、グレーティング14を支持しているV字形部材21のアーム部材26が温度変化 $1^\circ\text{C}$ のときに上記の回転角度 $\Delta a$ だけ回転するように構成すれば、グレーティング14の回転角度 $\Delta a$ が実際に実現することになる。

温度変化 $1^\circ\text{C}$ のときのアーム部材26の回転角度 $\Delta a = a' - a$ とすると、この回転角度 $\Delta a$ と、ベース部材17の線膨張係数 $\rho b$ と、グレーティングマウント16の線膨張係数 $\rho m$ と、アーム部材26(辺JK)の長さ $y$ と、アーム部材27(辺JI)の長さ $z$ と、アーム部材26,27のなす角度 $a (= \angle IJK)$ とは、次の関係式(2),(3)を満足する。

## 【0043】

$$y/z = \{A \pm \sqrt{A^2 - 4}\} / 2 \quad \dots(2)$$

$$A = 2 \cos a + \sin a \cdot \Delta a / (\rho b - \rho m) \quad \dots(3)$$

この関係式(2),(3)に対して、本実施形態の分光器10における具体的な数値 ( $a = 90^\circ$ ,  $\Delta a = 2.76 \times 10^{-6} \text{radian}$ ,  $\rho b = 24.3 \times 10^{-6} \text{degree}^{-1}$ ,  $\rho m = 23.6 \times 10^{-6} \text{degree}^{-1}$ ) を代入することにより、パラメータAの値は  $A = 3.94$  と求められ、結果として、アーム部材26(辺JK)とアーム部材27(辺JI)との長さの比( $y/z$ )は  $y/z = 3.67$  (または  $1/3.67$ ) と求められる。

## 【0044】

そして、得られた結果に基づいてアーム部材26,27(辺JK,JI)の長さ $y$

,  $z$  を決定し、アーム部材 26, 27 のなす角度  $\alpha$  が  $90^\circ$  となるように V 字形部材 21 を構築すれば、環境温度が  $1^\circ\text{C}$  上昇したときに、アーム部材 26 を上記の回転角度  $\Delta\alpha$  だけ図 1 の矢印 C の方向に微小回転させることができる。

その結果、アーム部材 26 の上に取り付けられたグレーティング 14 も、環境温度が  $1^\circ\text{C}$  上昇したときに、上記の回転角度  $\Delta\alpha$  だけ図 1 の矢印 C の方向（入射角度  $\alpha$  が小さくなる方向）に微小回転することになる。したがって、前述した要因(3)(4)によるスペクトル像のドリフト  $\Delta s$  (短波長側に  $0.25\ \mu\text{m}/^\circ\text{C}$ ) を相殺することができる。

#### 【0045】

上記した本実施形態の分光器 10 によれば、環境温度が変化したときにベース部材 17 とグレーティングマウント 16 (V 字形部材 21) とが異なる量の伸縮をし、この伸縮量の違いに応じてグレーティング 14 が予め定めた角度だけ微小回転して、スペクトル像の波長分散方向のドリフトを確実に相殺するので、1 次元アレイセンサ 15 の受光面におけるスペクトル像の位置を環境温度が変化しても同じ位置に留めることができる。

#### 【0046】

このため、分光器 10 の環境温度を一定に保つことが難しく、環境温度が  $-20^\circ\text{C}$  から  $+60^\circ\text{C}$  までの範囲において変化した場合でも、安定した測定精度による被測定光のスペクトル測定が可能となる。

また、特別に環境温度をコントロールする必要もなく、分光器 10 自体に環境温度をコントロール機能を設ける必要もないため、安価で使いやすい分光器 10 が実現できる。

#### 【0047】

さらに、本実施形態の分光器 10 では、スペクトル像を受光する素子として 1 次元ラインセンサ 15 を用いたので、グレーティング 14 を固定させた状態でも、多数の波長のスペクトル像を同時に受光することができる。つまり、被測定光が波長の異なる多種類の光を含む場合、被測定光の波長ごとの強度を簡単に測定することができる。

#### 【0048】



このような分光器 10 は、例えば、波長分割多重(WDM)方式の光通信システムにおいて、光源である半導体レーザ（予め決められた複数の周波数光が重合された光源）（例えば  $1.5 \mu\text{m}$  帯）から射出される光を分光し、各々の周波数ごとの強度特性を監視する装置（波長モニター）として用いるのに好適である。

光通信機器には一般に厳しい環境温度条件の下で作動することが要求されるため、本実施形態の分光器 10 を波長モニターとして用い、分光器 10 による測定結果を半導体レーザにフィードバックすることで、環境温度が変化した場合でも、半導体レーザから射出される光の強度を波長ごとに一定に保つことができ、安定した光通信が可能となる。

#### 【0049】

なお、上記した実施形態では、反射型の回折格子を用いた分光器 10 の例を説明したが、透過型の回折格子を用いた構成にも本発明を適用できる。また、平面回折格子およびリトロレンズに代えて、1つの凹面回折格子を用いた分光器にも適用できる。さらに、1つのリトロレンズに代えて、コリメート光学系と集光光学系とを別々に配置しても良い。コリメート光学系と集光光学系とは、屈折光学系でも反射光学系でも良い。また、波長分散素子としてグレーティング（回折格子）を用いたが、プリズムを用いることもできる。

#### 【0050】

このような様々な形態の分光器の何れにも、本発明は簡単に適用することができる。つまり、各々の分光器の波長分散素子を上記アーム部材 26 と同様の回転部材に取り付けるだけで、スペクトル像の波長分散方向のドリフトを相殺することができる。つまり、本発明を適用した温度補償機能付き分光器の構成が複雑になることはない。

#### 【0051】

ただし、波長分散素子を回転部材に取り付けるに当たっては、波長分散方向を回転部材の軸方向に対して直交させなければならない。また、この回転部材を含む支持部材（V字形部材 21 に対応）の線膨張係数  $\rho_m$  や、波長分散素子を除く他の部材（オプティカルファイバ 11 など）を支持するベース部材の線膨張係数  $\rho_b$  などの各種パラメータを適切に選択することも必要である。さらに、温度補償に

必要な波長分散素子の回転角度 $\Delta a$ は、個々の分光器を設計する際に、最適な値を決定することが好ましい。

#### 【0052】

また、上記した実施形態では、スペクトル像を検出する素子として1次元ラインセンサ15を用いたが、この1次元ラインセンサ15に代えて、射出スリットとディテクタとを用いることもできる。射出スリット（検出素子）は、細長い1つの開口部を有し、この開口部がスペクトル像の形成位置と一致するように配置される。そして、スペクトル像のうち開口部を通過した部分像がディテクタにより受光される。

#### 【0053】

この構成では、射出スリットおよびディテクタを波長分散方向に沿って移動させたり、波長分散素子を波長分散方向と直交する軸まわりに回転させたりすることで、異なる波長の光を測定することができる。このような構成の分光器も、波長分割多重(WDM)方式の光通信システムにおける上記の波長モニターとして用いるのに好適である。

#### 【0054】

さらに、上記した実施形態では、分光器10に被測定光を入射させる入射部材としてオプティカルファイバ11を用いたが、これに代えて入射スリットを用いることもできる。入射スリットは、細長い1つの開口部を有する。

また、上記した実施形態では、リトロレンズ13とグレーティング14とで両側テレセントリック光学系を構成したが、本発明はこれに限定されない。リトロレンズ13とグレーティング14とのテレセン性がずれた構成でも、本発明を適用できる。

#### 【0055】

##### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、環境温度の変化によるスペクトル像の波長分散方向のドリフトを分光器の形態に関わらず確実に軽減できる温度補償機構が組み込まれた簡素な分光器を提供できる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図 1】

本実施形態の分光器 1 0 の全体構成を示す図である。

【図 2】

グレーティングマウント 1 6 の構造を示す図である。

【図 3】

グレーティングマウント 1 6 の変形を説明する図である。

【符号の説明】

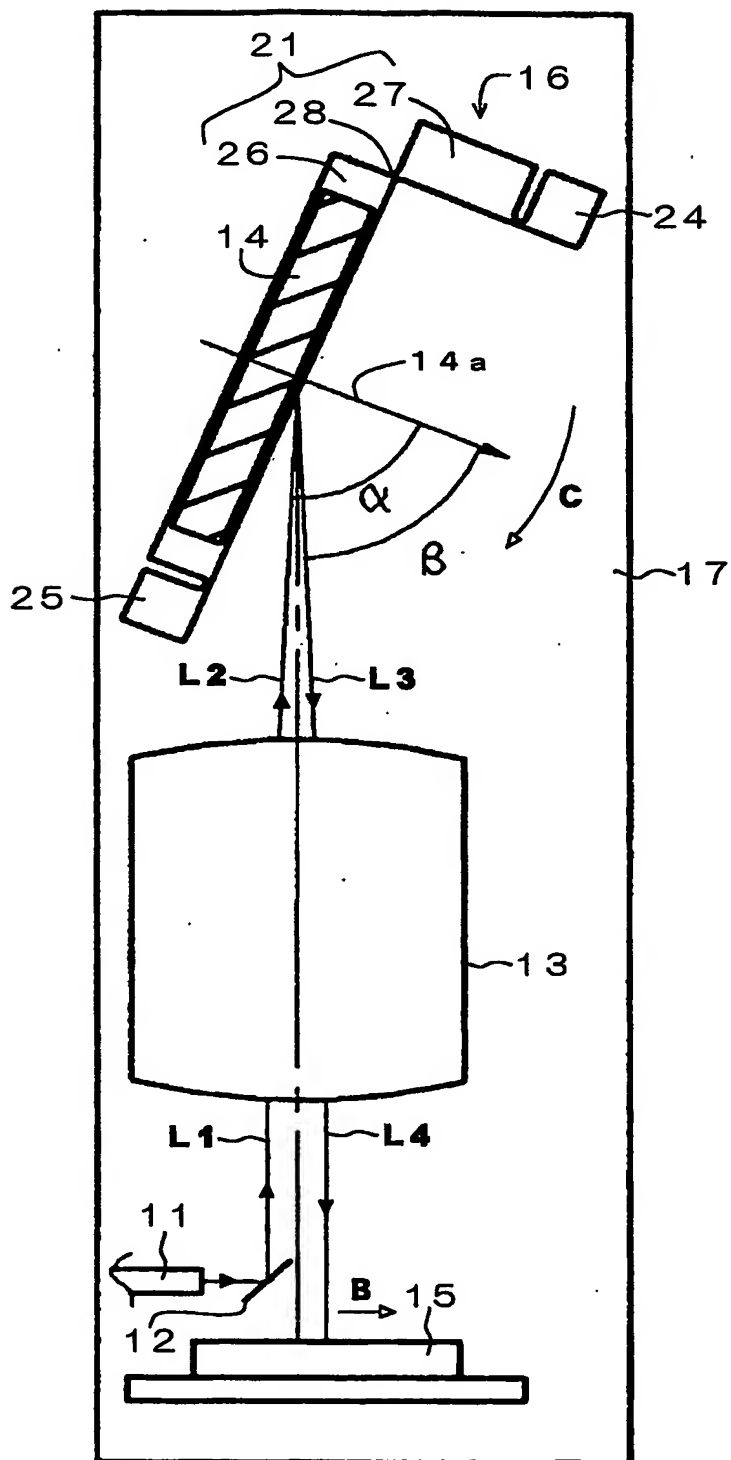
- 1 0 分光器
- 1 1 オプティカルファイバ
- 1 2 ミラー
- 1 3 リトロレンズ
- 1 4 グレーティング
- 1 5 1次元ラインセンサ
- 1 6 グレーティングマウント
- 1 7 ベース部材
- 2 1 V字形部材
- 2 4, 2 5 連結部材
- 2 6, 2 7 アーム部材
- 2 8 変形部材

【書類名】

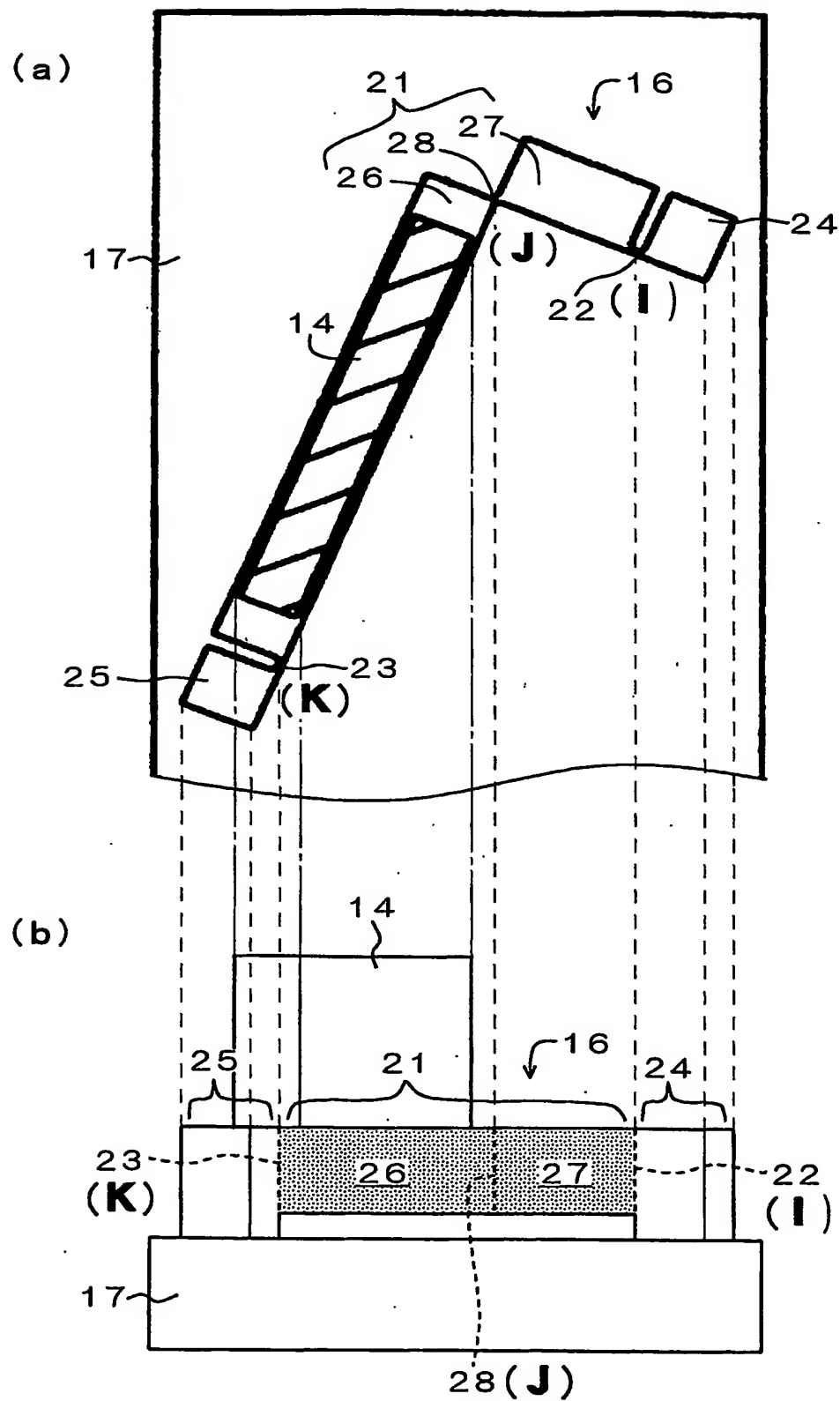
図面

【図 1】

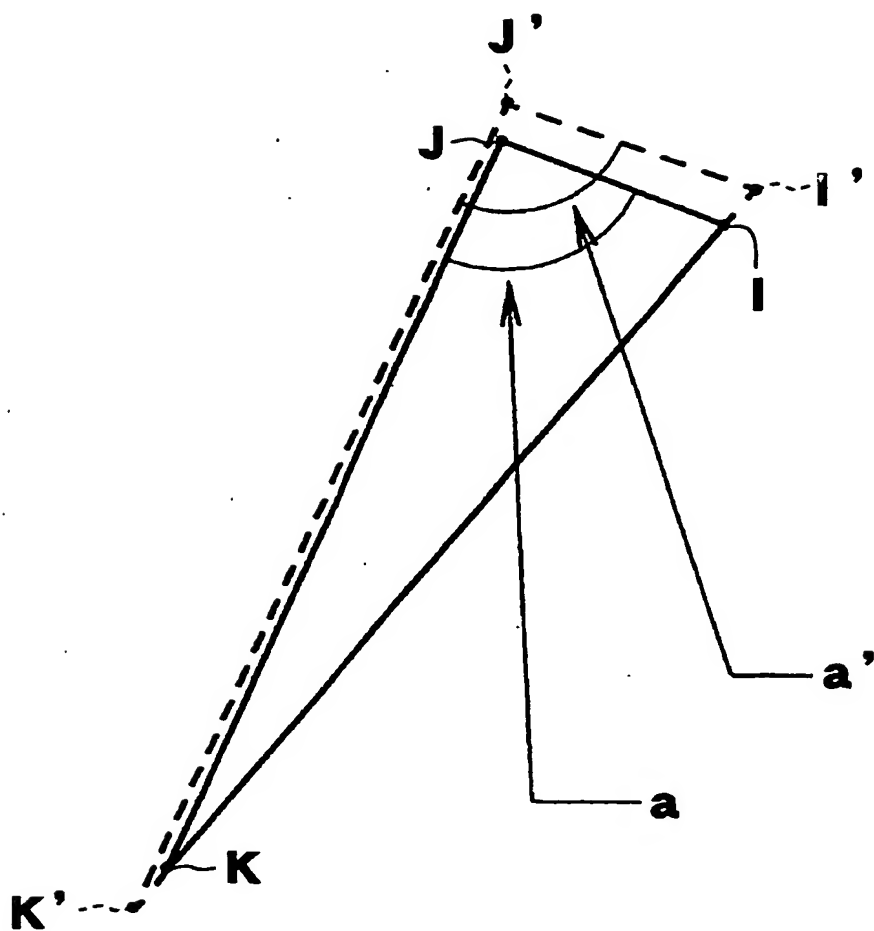
10(分光器)



【図2】



【図3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 環境温度の変化によるスペクトル像の波長分散方向のドリフトを分光器の形態に関わらず確実に軽減できる温度補償機構を備えた簡素な分光器を得る。

【解決手段】 入射部材 1 1 と集光光学系 1 3 と検出素子 1 5 とを一体に支持する第 1 部材 1 7 と、線膨張係数が第 1 部材とは異なる材料により構成され、波長分散素子 1 4 を支持する第 2 部材 2 1 と、環境温度が変化したときに、第 1 部材の伸縮量を第 2 部材に伝達する伝達部材 2 4 , 2 5 とを備える。第 2 部材は、環境温度が変化したときに、自身の伸縮量と第 1 部材の伸縮量との相異に応じて弾性変形する変形部材 2 8 を含み、変形部材の弾性変形に応じて微小回転する回転部材 2 6 を含む。波長分散素子は、波長分散方向が回転部材の軸方向に対して直交する向きで、回転部材に取り付けられる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名	株式会社ニコン